

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2003 年 11 月 13 日 (13.11.2003)

PCT

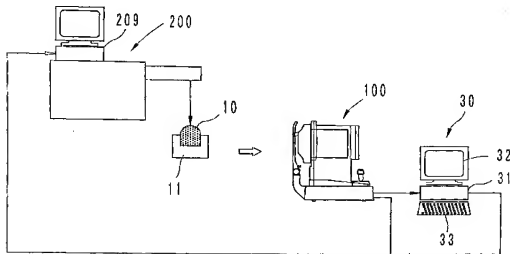
(10) 国際公開番号  
WO 03/092565 A1

- (51) 国際特許分類: A61F 9/00
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/04344
- (22) 国際出願日: 2002 年 4 月 30 日 (30.04.2002)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社ニデック (NIDEK CO., LTD.) [JP/JP]; 〒443-0035 愛知県蒲郡市栄町 7 番 9 号 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): ビンシングエラ
- (74) 代理人: 上野 登 (UENO, Noboru); 〒460-0008 愛知県名古屋市中区栄三丁目 2 1 番 2 3 号 ケイエスイセヤビル 8 階 Aichi (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL,

[続葉有]

(54) Title: ABLATION METHOD USING LASER BEAM, AND DEVICE FOR ABLATION

(54) 発明の名称: レーザービームによるアブレーション方法及びアブレーションに供する装置



(57) Abstract: A method capable of easily assessing a state of ablation and accurately ablating work; and a device therefor. The method comprises the steps of irradiating a reference having a first curved surface shape approximating the curved surface shape of work with laser under determined conditions for laser radiation to form a second curved surface shape, measuring a third curved surface shape actually formed by laser radiation, and analyzing the change in the second curved surface shape on the basis of the third curved surface shape obtained. And, ablation data or control data on a laser radiating device is corrected on the basis of the results of analysis.

(57) 要約:

本発明は、アブレーション状態を容易に評価することができ、また、加工対象物を精度良くアブレーションすることができる方法、及びそれに供する装置を提供することを目的とする。その目的を達成するための方法は、加工対象物の曲面形状に近似した第 1 の曲面形状を持つ基準物に対して第 2 の曲面形状を形成すべくレーザ照射条件を定めてレーザ照射し、レーザ照射により実際に形成された第 3 の曲面形状を測定し、得られた第 3 の曲面形状に基づき第 2 の曲面形状に対する形状変化を解析する。そして、解析結果に基づきアブレーションデータまたはレーザ照射装置の制御データを校正する。

WO 03/092565 A1



TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明細書

レーザビームによるアブレーション方法及びアブレーションに供する装置

## 技術分野

- 5      本発明は、レーザビームにより加工対象物をアブレーションする方法、及びアブレーションに供する装置に関する。

## 背景技術

- 10      レーザビームは治療用や加工用として様々な分野で用いられている。例えば、眼科分野では、レーザビームにより角膜をアブレーション（切除）して角膜の曲率を変えることにより眼の屈折異常を矯正するレーザ装置が知られている。この種の装置では、レーザビームの1ショット当たり（または1スキャン当たり）のアブレーションレート（アブレーション深さ）は、レーザ出力や導光光学系の経年変化等の要因によりしばしば変化する。このため、アブレーションレートの変化に対応させて加工対象物をアブレーションすることが重要となる。

- 15      アブレーションレートの変化に対応するために、本出願人は、特開平6-226471号において1つの方法を提案している。この方法は、既知のアブレーションレートを持つ透明平板（PMMA板）に、所期する屈折力を持つようにレーザ照射により曲面を形成し、アブレーションにより形成された透明平板曲面部分の屈折力をレンズメータ等で測定し、その測定結果に基づきアブレーションのためのデータを較正する、というものである。

- 20      このような方法により、アブレーションレートの変化に対応させて加工対象物をアブレーションすることができるようになったが、より精度良くアブレーションするためのさらなる技術も思考されている。

25      本発明は、アブレーション状態を容易に評価することができ、また、加工対象物を精度良くアブレーションすることができる方法、及びそれに供する

装置を提供することを技術課題とする。

### 発明の開示

上記課題を解決するために、本発明は、以下のような構成を備えることを  
5 特徴とする。

(1) レーザビームにより加工対象物をアブレーションする方法は、加工対象物の曲面形状に近似した第1の曲面形状を持つ基準物に対して第2の曲面形状を形成すべくレーザ照射条件を定めてレーザ照射する照射段階と、レーザ照射により実際に形成された第3の曲面形状を測定する測定段階  
10 と、得られた第3の曲面形状に基づき第2の曲面形状に対する形状変化を解析する解析段階と、を有することを特徴とする。

(2) (1)のアブレーション方法は、さらに、レーザ照射装置の制御データを解析結果に基づき較正する較正段階を有することを特徴とする。

(3) (1)のアブレーション方法は、さらに、加工対象物を所期する  
15 形状にするためのアブレーションデータを入力する入力段階と、入力されたアブレーションデータを解析結果に基づき較正する較正段階と、を有することを特徴とする。

(4) (1)のアブレーション方法は、さらに、解析結果を表示する表示段階を有することを特徴とする。

20 (5) (1)のアブレーション方法において、測定段階では角膜形状測定装置が使用されることを特徴とする。

(6) (1)のアブレーション方法において、基準物は、加工対象物のアブレーションレートに対して既知のアブレーションレートを持つことを特徴とする。

25 (7) レーザビームによるアブレーションに供する装置は、加工対象物の曲面形状に近似した第1の曲面形状を持つ基準物に対して第2の曲面形状を形成すべくレーザ照射条件を定めてレーザ照射して実際に形成された

第3の曲面形状を測定したデータを入力する測定データ入力手段と、入力された第3の曲面形状に基づき第2の曲面形状に対する形状変化を解析する解析手段と、を有することを特徴とする。

5 (8) (7)のアブレーションに供する装置は、レーザ光源からのレーザビームを加工対象物に導光する導光光学系と、導光光学系によるレーザビームの加工対象物への照射位置及び照射時間を制御する制御手段と、を備えるレーザ照射装置であり、さらに、制御手段の制御データを解析結果に基づき校正する校正手段を有することを特徴とする。

10 (9) (7)のアブレーションに供する装置は、さらに、加工対象物を所期する形状にするためのアブレーションデータを入力するアブレーションデータ入力手段と、入力されたアブレーションデータを解析結果に基づいて校正する校正手段と、を有することを特徴とする。

#### 図面の簡単な説明

15 図1は、アブレーション装置システムの概略構成図である。  
図2は、レーザ照射装置の導光光学系及び制御系の概略構成図である。  
図3は、分割アパーチャ板の概略構成図である。  
図4は、角膜形状測定装置の概略構成図である。  
図5は、基準物のレーザ照射前の曲面形状、レーザ照射により予定される曲面形状、及びレーザ照射後の実際の曲面形状を説明する図である。  
20 図6は、レーザ照射により予定されるアブレーション深さと実際のアブレーション深さとの関係を示す図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

25 以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。図1は、本発明に係る眼科用のアブレーション装置システムの概略構成図である。

200はエキシマレーザビームにより患者眼の角膜をアブレーションす

るレーザ照射装置である。10は凸曲面形状を持つ基準物であり、照射装置200の校正用に供する。基準物10は透明なPMMA（ポリメチルアクリレート）から成り、その凸曲面形状は人眼の角膜形状に似た曲率を持つ。例えば、人眼の平均的な曲率半径 $R = 7.8 \text{ mm}$ の半球面を持つ。この半球面の直径は12mmであり、10mm以上あることが好ましい。11は基準物10を支持する支持器であり、レーザ照射中に基準物10を安定して支持できればその構成は特に問わない。なお、レーザ照射により発生するカスがアブレーション面に付着してアブレーション後の形状に影響を与えるのを防ぐため、カス除去手段（ファンによるカスの吹き飛ばし、または吸引ポンプによるカスの吸引など）を支持器11または基準物10の近辺に設けることが好ましい。

100は角膜形状測定装置であり、後述するように、患者眼の角膜に多数の円環状のプラチドリングを投影してその像を検出することにより、角膜の広い範囲にわたって角膜曲率分布を得ることができ、角膜表面形状を測定することができる。なお、角膜形状測定はプラチドリングを使用した構成に限られるものでなく、例えば、スリット光により光切断した断面像を得て、これから角膜表面形状を測定する構成でもよい。この測定装置100は、角膜だけでなく基準物10の形状を測定する装置としても使用される。これにより、専用の測定装置を用意しなくても済むので、経済的に有利である。

30は解析装置であり、解析部31、モニタ32、キーボード等の入力部32、を備える。解析部31は、測定装置100で得られた角膜形状データと眼屈折力分布データとに基づき屈折矯正手術時のアブレーションデータを解析する機能を持つ。また、レーザ照射に対するアブレーションむら等を基準物10の測定結果に基づき解析する機能や、照射装置100の校正データを解析する機能等を持つ。解析装置30で得られた解析結果は、照射装置100のコンピュータ209に入力される。なお、解析装置30の機能は、測定装置100やコンピュータ209に持たせてもよい。

図2は、照射装置200の導光光学系及び制御系を説明する概略構成図である。210は193nmの波長を持つエキシマレーザービームを出射するレーザー光源である。レーザー光源210から出射されたレーザービームは、ミラー211、212により反射され、平面ミラー213でさらに反射される。ミラー213はミラー駆動部214により図における矢印方向に平行移動可能であり、レーザービームをガウシアン分布方向に平行移動（走査）する。215はイメージローテータであり、イメージローテータ駆動部216により中心光軸を中心に回転駆動され、レーザービームを中心光軸周りに回転させる。217はレーザービームの方向を変えるミラーである。

218はアブレーション領域を円形状に制限する可変円形アパーチャであり、アパーチャ駆動部219によりその開口径が変えられる。220はアブレーション領域をスリット状に制限する可変スリットアパーチャであり、アパーチャ駆動部221により開口幅とスリット開口の方向とが変えられる。222、223はレーザービームの方向を変えるミラーである。224は円形アパーチャ218およびスリットアパーチャ220を患者眼の角膜E<sub>c</sub>上に投影するための投影レンズである。

また、スリットアパーチャ220とミラー222との間の光路には、分割アパーチャ板260が挿脱可能に配置される。分割アパーチャ板260は、分割シャッタ265との組み合わせにより、アブレーション領域をさらに制限する（スキャン領域を選択的に抽出する）。この分割アパーチャ板260及び分割シャッタ265は、角膜E<sub>c</sub>の非対称成分をアブレーションするときに使用される。分割アパーチャ板260を光源210側から見ると、図3に示すように、同じ大きさの円形小アパーチャ261が6個並んでいる。これらの小アパーチャ261を分割シャッタ265が持つシャッタ板266によって選択的に開閉することにより、アブレーション領域をさらに制限してレーザー照射することができる。なお、各小アパーチャ261には、その開口を通過する際に起こる回折によるレーザービームの強度分布を補正する補

正光学系が設けられている。分割アパーチャ板 2 6 0 及び分割シャッタ 2 6 5 は、駆動部 2 6 8 により、中心光軸の垂直な平面内で移動可能となっている。

2 2 5 は 1 9 3 n m のエキシマレーザビームを反射して可視光及び赤外  
5 光を通過する特性を持つダイクロイックミラーであり、投影レンズ 2 2 4 を  
経たレーザビームはダイクロイックミラー 2 2 5 により反射されて角膜 E  
c へと導光される。ダイクロイックミラー 2 2 5 の上方には、固視灯 2 2 6  
、対物レンズ 2 2 7、双眼の顕微鏡部 2 0 3、が配置される。

2 5 0 はレーザ光源 2 1 0 や各駆動部 2 1 4, 2 1 6, 2 1 9, 2 2 1,  
10 2 6 8 等を制御する制御部であり、コンピュータ 2 0 9 に接続されている。

この照射装置 1 0 0 におけるアブレーションは次のように行われる。一定  
の深さでアブレーションする場合、ミラー 2 1 3 を図 2 中の矢印方向に平行  
移動させ、レーザ光源 2 1 0 からのレーザパルスの繰返し周波数を踏まえた  
速度でレーザビームをガウシアン分布方向へ走査する。ミラー 2 1 3 はレー  
15 ザパルスに同期させて移動される。すなわち、ある移動位置で 1 パルスまた  
は数パルス照射後にミラー 2 1 3 を次の位置に移動させ、再び 1 パルスまた  
は数パルス照射後にミラー 2 1 3 を移動させる。この動作をアパーチャ 2 1  
8 の開口で制限される領域の一端から他端まで繰り返す、レーザパルスを重  
ね合わせる。そして、1 走査毎に所定角度ずつ走査方向を変える。この重ね  
20 合わせの走査方向は、放射状に分散するようにすることが好ましい。なお、  
この対象物を均一にアブレーションする方法は、特開平 6 - 1 1 4 0 8 3 号  
に詳細に記載されているので、詳しくはこれを参照されたい。

また、各走査におけるミラー 2 1 3 の移動速度を変化させることにより、  
加工対象物上でのレーザパルスの重ね合わせを変化させることができる。し  
25 たがって、ミラー 2 1 3 の移動速度を適切に制御すれば、凸曲面に対しても  
略均一な深さでアブレーションすることができる。

近視矯正のための球面成分を取り除くべく角膜 E c の中央部を深くアブ



レーションする場合は、次のようにする。円形アパーチャ 2 1 8 の開口により制限された領域内を、ミラー 2 1 3 を順次移動させることによりレーザービームをガウシアン分布方向に走査する。そして、レーザービームが 1 走査されるごとにイメージローテータ 2 1 5 の回転によりレーザービームの走査方向  
5 を変更する（例えば、1 2 0 度間隔の 3 方向に走査する）。これを円形アパーチャ 2 1 8 の開口径を順次変えるごとに行うことにより、角膜 E c の中央部を深く周辺部を浅くアブレーションすることができる。乱視成分を取り除く場合は、円形アパーチャ 2 1 8 の代わりにスリットアパーチャ 2 2 0 で同様な制御を行う。

- 10 また、部分的にアブレーションするときは、分割アパーチャ板 2 6 0 を使用する。分割アパーチャ板 2 6 0 を光路に配置し、分割アパーチャ板 2 6 0 が持つ小アパーチャ 2 6 1 の位置を制御すると共に、分割シャッタ 2 6 5 により小アパーチャ 2 6 1 を選択的に開閉する。ミラー 2 1 3 の移動によりレーザービームを走査することにより、開放された小アパーチャ 2 6 1 を通過する  
15 レーザビームのみが部分的に照射される。

- 図 4 は、測定装置 1 0 0 の概略構成図である。角膜形状測定光学系は、測定用指標投影光学系 1 1 0 と指標検出光学系 1 2 0 とから成る。投影光学系 1 1 0 は、中央部に開口を持つ円錐状のプラチド板 1 1 1、LED 等の複数の照明光源 1 1 2、反射板 1 1 3、を備える。プラチド板 1 1 1 には、測定  
20 光軸 L 1 を中心にした同心円状に、多数の透光部と遮光部とを持つリングパターンが形成されている。光源 1 1 2 から出射された照明光は反射板 1 1 3 で反射され、プラチド板 1 1 2 を背後からほぼ均一に照明する。プラチド板 1 1 2 の透光部を透過したリングパターンの光は、角膜 E c に投影される。基準物 1 0 の曲面形状を測定するときは、患者眼に代えて基準物 1 0 が所定  
25 の位置に配置される。

検出光学系 1 2 0 は、ビームスプリッタ 1 2 1、ミラー 1 2 2、撮影レンズ 1 2 3、CCD カメラ 1 2 5、を備える。投影光学系 1 1 0 により投影さ

れたリングパターンの反射光は、ビームスプリッタ 1 2 1 とミラー 1 2 2 とでそれぞれ反射された後、撮影レンズ 1 2 3 により CCD カメラ 1 2 5 の撮像素子面上に結像する。また、この検出光学系 3 5 は観察光学系を兼ねており、図示なき前眼部照明光源によって照明された患者眼の前眼部像は、CCD カメラ 1 2 5 の撮像素子面上に結像し、TV モニタ 1 2 6 上に表示される。

ビームスプリッタ 1 2 1 の後方には、患者眼の眼屈折力分布を測定する屈折力測定光学系 1 3 0 が配置されている。この屈折力測定光学系 1 3 0 は、回転セクタにより走査されるスリット光を患者眼の眼底に投影する光学系と、スリット光の走査方向に対応した経線方向で角膜 E c に略共役な位置に測定光軸を挟んで対称に配置された受光素子を複数対持つ受光光学系と、を有し、スリット光と受光素子とを光軸回りに同期して回転させることにより、対となる受光素子の各々の位相差信号に基づいて各経線方向で変化する屈折力分布を広い範囲で得る。なお、この眼屈折力分布測定については、特開平 1 0 - 1 0 8 8 3 7 号、特開平 1 1 - 3 4 2 1 5 2 号に詳細に記載されているので、詳しくはこれを参照されたい。

CCD カメラ 1 2 5 の出力と屈折力測定光学系 1 3 0 が持つ受光素子の出力とは、演算・制御部 1 4 0 に接続されている。演算・制御部 1 4 0 は、CCD カメラ 1 2 5 で撮像された像を画像処理して、プラチドリング像のエッジを検出する。そして、所定の角度（例：1 度）ステップ毎に角膜中心に対する各エッジ位置を得ることにより、角膜曲率を求める。基準物 1 0 の曲面形状についても同様に処理する。演算・制御部 1 4 0 により得られた角膜 E c 及び基準物 1 0 の演算結果は、トポグラフィとして TV モニタ 1 2 6 にカラー表示される。また、演算・制御部 1 4 0 により得られた眼屈折力分布も、カラーマップとして TV モニタ 1 2 6 に表示される。

以上のようなアブレーション装置システムにおいて、アブレーション状態の評価及び校正方法について説明する。

まず、照射装置 200 の導光光学系に対し、基準物 10 を所定の位置に配置する。照射装置 200 のコンピュータ 209 により、あるレンズ分を矯正するものとして、その度数データを入力する。例えば、 $-3.00\text{D}$  の近視矯正をすべく、 $+3.00\text{D}$  のレンズを取り除くようなデータを入力する。

- 5 また、図 5 (a) に示すように、基準物 10 の曲面形状 R1 のデータ (曲率 = 半径  $7.8\text{mm}$ ) とアブレーション領域 OZ のサイズデータとを入力しておく。基準物 10 のレーザ照射 (アブレーション) 前の曲面形状 R1 が既知でない場合には、測定装置 100 により測定して得ることができる。コンピュータ 209 はこれらのデータ及び基準物 10 の屈折率 (既知) に基づき、  
10 レーザ照射 (アブレーション) 後に予定される曲面形状 R2 を求める。そして、曲面形状 R1 と曲面形状 R2 とから、アブレーション領域 OZ におけるアブレーションデータを求める。このアブレーションデータに基づき、レーザ照射条件となる各駆動部の制御データを定める。

- 制御部 250 は、前述の近視矯正の場合と同様に、制御データに基づき円  
15 形アパーチャ 218 の開口径とミラー 213 の移動とを制御することにより、基準物 10 をその中央部が深くなるようにアブレーションする。

- レーザ照射後、実際にアブレーションした基準物 10 の曲面形状 R3 (図 3 (b) 参照) を測定装置 100 により測定する。測定に際しては、基準物 10 を測定装置 100 が持つ顎台ユニットに取り付け、治具を用いて固定する。  
20 測定装置 100 では、角膜 E<sub>c</sub> の測定と同様に、基準物 10 のアブレーション面に多数の円環状のプラチドリングを投影してその像を検出することにより、レーザ照射後の実際の曲面形状 R3 が測定される。

- アブレーション状態を評価する場合は、曲面形状 R1, R2, R3 等のデータを解析部 31 に入力する。解析部 31 は、曲面形状 R2 の形成に対して  
25 曲面形状 R3 を形成したときの形状変化を解析する。例えば、曲面形状 R2 と曲面形状 R3 とを比較し、その曲率分布の差分を解析する。あるいは、曲面形状 R1 から曲面形状 R2 にするときのアブレーション深さの分布と実

際にアブレーションした後の曲面形状R 3におけるアブレーション深さの分布とから、その差分を解析する。解析結果は、トポグラフィとしてTVモニタ126に表示される。トポグラフィはカラーマップの形式で表示すると分かり易い。曲面形状R 2を一様な形状とするときには、単に曲面形状R 3を屈折力値に変換したマップとしても表現することができる。これらの解析結果により、実際に角膜にレーザ照射することなく、照射装置200の現状におけるアブレーション面のむら分布やエネルギー分布等を評価することができる。また、照射装置200の調整、調整後の確認に使用することができる。その他、手術結果の予測が可能となる。

- 次に、照射装置200の制御を校正する方法を説明する。この方法としては、照射装置200に測定装置100で測定された曲面形状R 3をフィードバックして校正する方法と、解析装置30でアブレーションデータを曲面形状R 3等のデータに基づいて校正する方法と、がある。

- 照射装置200にフィードバックする場合は、測定装置100で測定された曲面形状R 3のデータをコンピュータ209に入力する。曲面形状R 2の形成に対して曲面形状R 3を形成したときの形状変化は、アブレーションレートの変化として解析することができる。例えば、レーザ照射前後の曲面形状R 1，曲面形状R 3の曲率半径の変化と基準物10の屈折率とから、実際にアブレーションされたレンズ分の屈折力値を演算により得ることができる。これと、曲面形状R 2を形成すべく決定されたレーザ照射条件の屈折力値とを比較することにより、基準物におけるアブレーションレートの変化を知ることができる。簡易的には、このアブレーションレートの変化を使用して、照射装置200の駆動制御データを校正することができる。

- また、屈折力変化として捉える代わりに、レーザ照射前後の曲面形状の変化から中央部で実際にアブレーションされた深さ情報が得られるので、これと曲面形状R 2を形成すべく決定されたレーザ照射条件とから、そのまま基準物におけるアブレーションレートを知ることができる。すなわち、アブ

ーション深さを実際に施したレーザ照射条件のショット数（スキャン数）で割り算すれば、中央部における現在のアブレーションレートを知ることができる。

さらに、任意位置でのアブレーション深さ情報が得られるので、各位置に  
5 におけるショット数（スキャン数）で割り算することにより、その各位置でのアブレーションレートを知ることができる。各位置でのアブレーションレートを詳細に知ることができれば、周辺側のアブレーション不足や部分的なアブレーション面のムラを校正することができる。

なお、人眼の角膜のアブレーションレートは、PMMAのアブレーション  
10 レートに対して2倍程の値となることが経験的に得られている。従って、PMMAから成る基準物を用いた場合、人眼の角膜に対するPMMAのアブレーションレートの関係と上記の演算で求められるPMMAでのアブレーションレートとから、角膜に対する現在のアブレーションレートを得ることができる。

15 照射装置200の校正を説明する。アパーチャ218の開口径がアブレーション深さに対する関数として表現できるときは、現在のアブレーションレートに対するアパーチャ218の各開口径を演算し、その演算結果に基づいてアパーチャ218の開口径を変化させる。これは、アブレーション領域におけるアブレーションレートが回転対称に変動する場合にも対応すること  
20 ができる。また、アブレーションレートが線対称に変動するときには、スリットアパーチャ220の開口幅の制御により同様に対応することができる。

また、アパーチャ218の開口径の制御は従来のみで、レーザビームの1スキャンにおけるミラー213の移動速度を中央部と周辺部とで変化させることにより、回転対称に変動するアブレーションレートに対応すること  
25 ができる。すなわち、アブレーション領域の中央部に対して周辺部がアブレーション不足となる場合、中央部から周辺部にいくにしたがってミラー213の移動速度を遅くし、周辺側のショット数（レーザ照射時間）を多くする

。この方法は、アパーチャ 2 1 8 の開口径を一定にしたまま、一定の深さをアブレーションする治療（P T K）の場合に特に有効である。

さらに、部分的にアブレーションレートが変動する場合には、部分的なアブレーションに用いる分割アパーチャ板 2 6 0 の制御により対応することが  
5 ができる。上記のアパーチャの開口制御やミラー 2 1 3 の移動制御で対応できない部分については、分割アパーチャ板 2 6 0 の制御により小領域のレーザービームを部分的に照射する。各位置ではアブレーションレートで割ることによりショット数（レーザー照射時間）を決定する。

コンピュータ 2 0 9 で上記のような各駆動部の制御データの校正が終了  
10 したら、再度、新たな基準物 1 0 にレーザー照射し、アブレーションされた基準物 1 0 の曲面形状を測定装置 1 0 0 により測定し、校正状態を確認する。

次に、解析装置 3 0 でアブレーションデータを校正する場合を説明する。アブレーション領域 O Z，曲面形状 R 1，曲面形状 R 2，曲面形状 R 3 の各データを解析部 3 1 に入力する。解析部 3 1 は、曲面形状 R 2 の形成に対し  
15 て曲面形状 R 3 を形成したときの形状変化を解析する。図 6 に示すように、レーザー照射前の曲面形状 R 1 のデータとレーザー照射により予定される曲面形状 R 2 のデータとから、アブレーションレートが基準値のときにアブレーションされる深さ D 1（予定深さ）をアブレーション領域 O Z の各位置で算出する。次に、レーザー照射前の曲面形状 R 1 のデータと実際にアブレーション  
20 された曲面形状 R 3 のデータとから、実際にアブレーションされた深さ D 2 をアブレーション領域 O Z の各位置で算出する。これから各位置でのアブレーション深さの変化率である較正常数  $k(r, \theta)$  を次式により求める。

$$k(r, \theta) = \text{設定深さ } D 1 / \text{実際にアブレーションされた深さ } D 2$$

ここで、 $r$  は照射中心に対する距離、 $\theta$  は基準方向に対する角度とし、位置  
25 のパラメータを極座標系  $(r, \theta)$  で表すものとする。この較正常数  $k(r, \theta)$  を使用して、手術時に照射装置 2 0 0 に入力するアブレーションデータを校正する。

実際に患者眼のアブレーションデータを算出するときは、測定装置 200  
により測定した術前の角膜形状データと屈折力分布データとを解析部 31  
に入力する。また、アブレーション領域のサイズデータを入力する。解析部  
31 は入力された各データに基づき、アブレーションレートが基準値である  
5 ときのアブレーションデータ（ショットデータ）を決定する。広い範囲にわ  
たる屈折力分布データを使用することにより、眼の収差をも補正するアブ  
レーションデータを得ることができる（この算出の詳細は、特開平 11-20  
781 号等を参照）。なお、このアブレーションデータの算出は測定装置 2  
00で行ってもよい。算出したアブレーションデータに対して、前述の校正  
10 常数  $k(r, \theta)$  を掛けて校正後のショットデータであるアブレーションデ  
ータを決定する。

校正後のアブレーションデータを照射装置 200 に入力する。予めアブ  
レーションデータを校正しておけば、照射装置 200 ではそのアブレーション  
データに従って各駆動部 214, 216, 219, 221, 268 を制御す  
15 れば、目的とするアブレーションが可能となる。

以上説明した照射装置 200 は、アパーチャ開口制御、レーザビームの平  
行走査を使用する構成としたが、1.0 mm ほどの小スポットのレーザビー  
ムをガルバノミラー等で走査する方式であってもよい。

## 20 産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明によれば、加工対象物の曲面に近似した曲面  
形状を持つ基準物を使用することにより、アブレーション状態を容易に評価  
することができる。また、加工対象物を精度良くアブレーションすることが  
できる。さらにまた、基準物の曲面形状の測定に専用の装置を準備しなくて  
25 よいので、経済的にも有利となる。

## 請求の範囲

1. レーザビームにより加工対象物をアブレーションする方法は、

加工対象物の曲面形状に近似した第1の曲面形状を持つ基準物に対して  
5 第2の曲面形状を形成すべくレーザ照射条件を定めてレーザ照射する照射  
段階と、

レーザ照射により実際に形成された第3の曲面形状を測定する測定段階  
と、

得られた第3の曲面形状に基づき第2の曲面形状に対する形状変化を解  
10 析する解析段階と、  
を有する。

2. クレーム1のアブレーション方法は、さらに、レーザ照射装置の制御デ  
ータを解析結果に基づき校正する校正段階を有する。

15

3. クレーム1のアブレーション方法は、さらに、

加工対象物を所期する形状にするためのアブレーションデータを入力す  
る入力段階と、

入力されたアブレーションデータを解析結果に基づき校正する校正段階  
20 と、  
を有する。

4. クレーム1のアブレーション方法は、さらに、解析結果を表示する表示  
段階を有する。

25

5. クレーム1のアブレーション方法において、測定段階では角膜形状測定  
装置が使用される。



6. クレーム 1 のアブレーション方法において、基準物は、加工対象物のアブレーションレートに対して既知のアブレーションレートを持つ。

5 7. レーザビームによるアブレーションに供する装置は、

加工対象物の曲面形状に近似した第 1 の曲面形状を持つ基準物に対して第 2 の曲面形状を形成すべくレーザ照射条件を定めてレーザ照射して実際に形成された第 3 の曲面形状を測定したデータを入力する測定データ入力手段と、

10 入力された第 3 の曲面形状に基づき第 2 の曲面形状に対する形状変化を解析する解析手段と、  
を有する。

8. クレーム 7 のアブレーションに供する装置は、レーザ光源からのレーザ  
15 ビームを加工対象物に導光する導光光学系と、導光光学系によるレーザビームの加工対象物への照射位置及び照射時間を制御する制御手段と、を備えるレーザ照射装置であり、

さらに、制御手段の制御データを解析結果に基づき較正する較正手段を有する。

20

9. クレーム 7 のアブレーションに供する装置は、さらに、

加工対象物を所期する形状にするためのアブレーションデータを入力するアブレーションデータ入力手段と、

25 入力されたアブレーションデータを解析結果に基づいて較正する較正手段と、  
を有する。

図 1

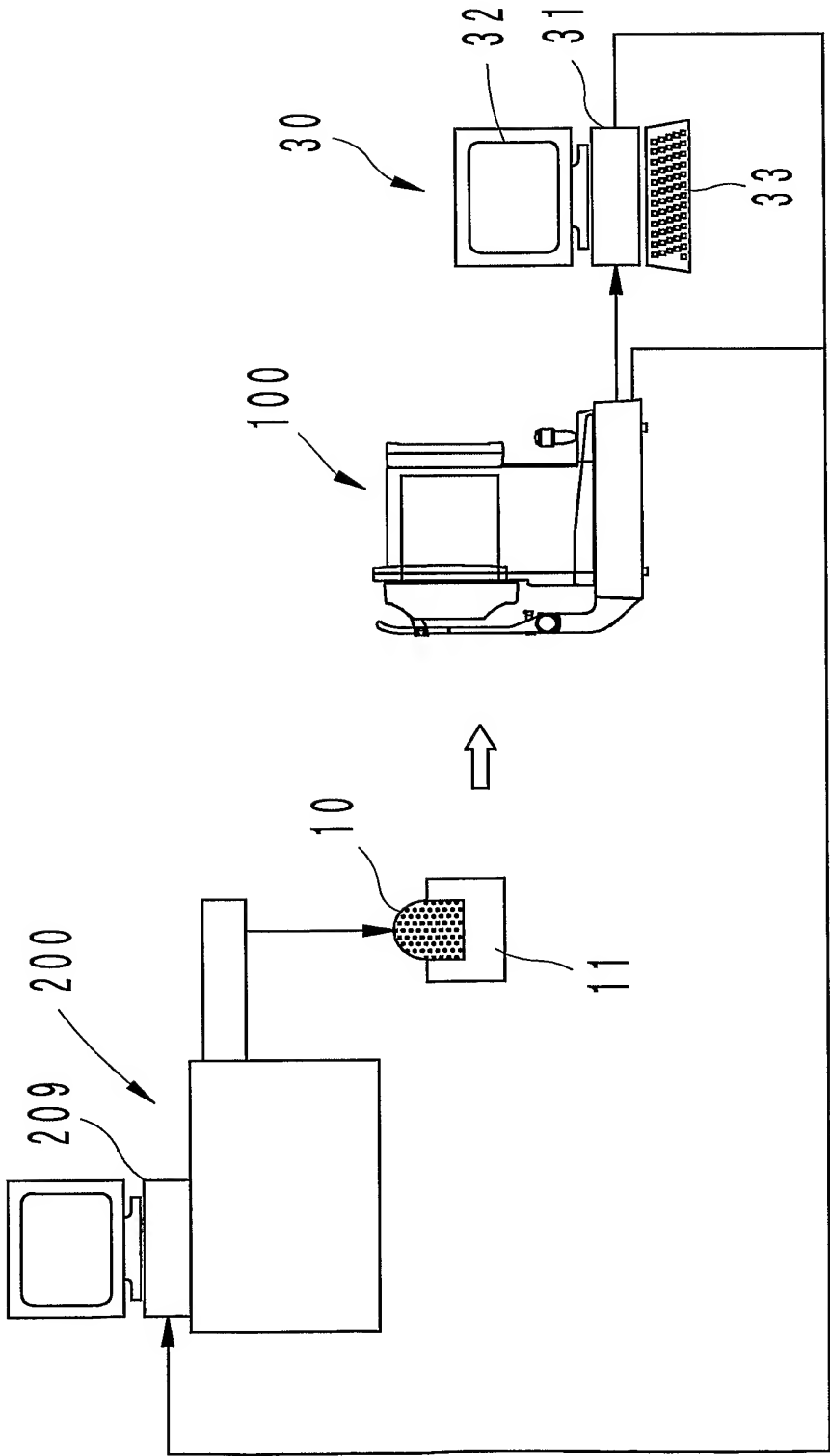


図 2

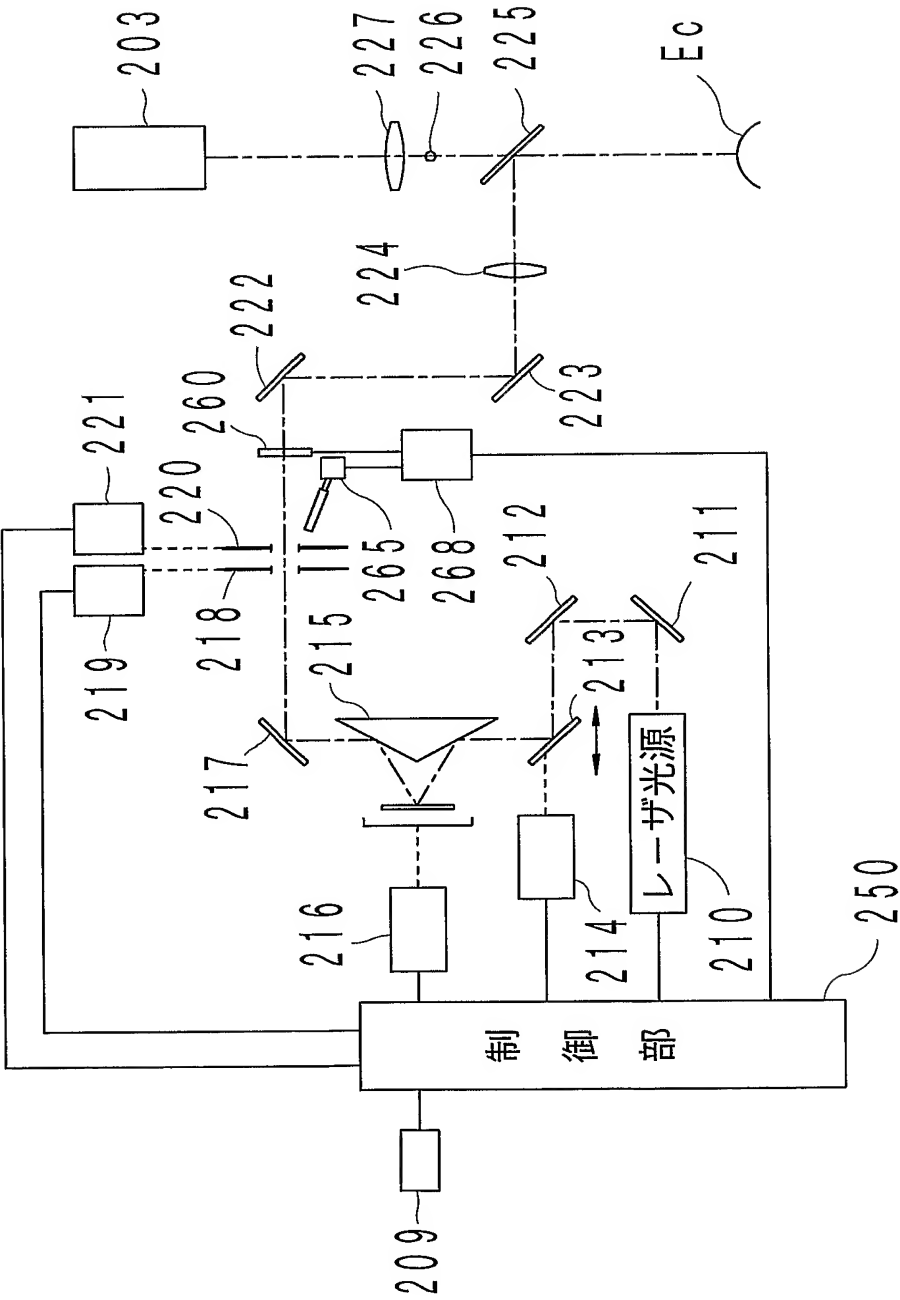


図 3

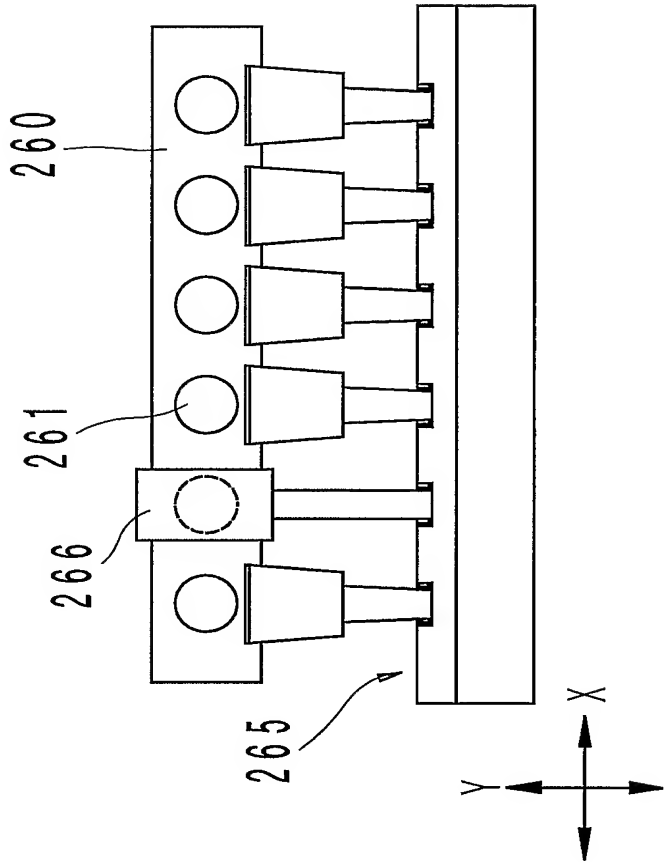
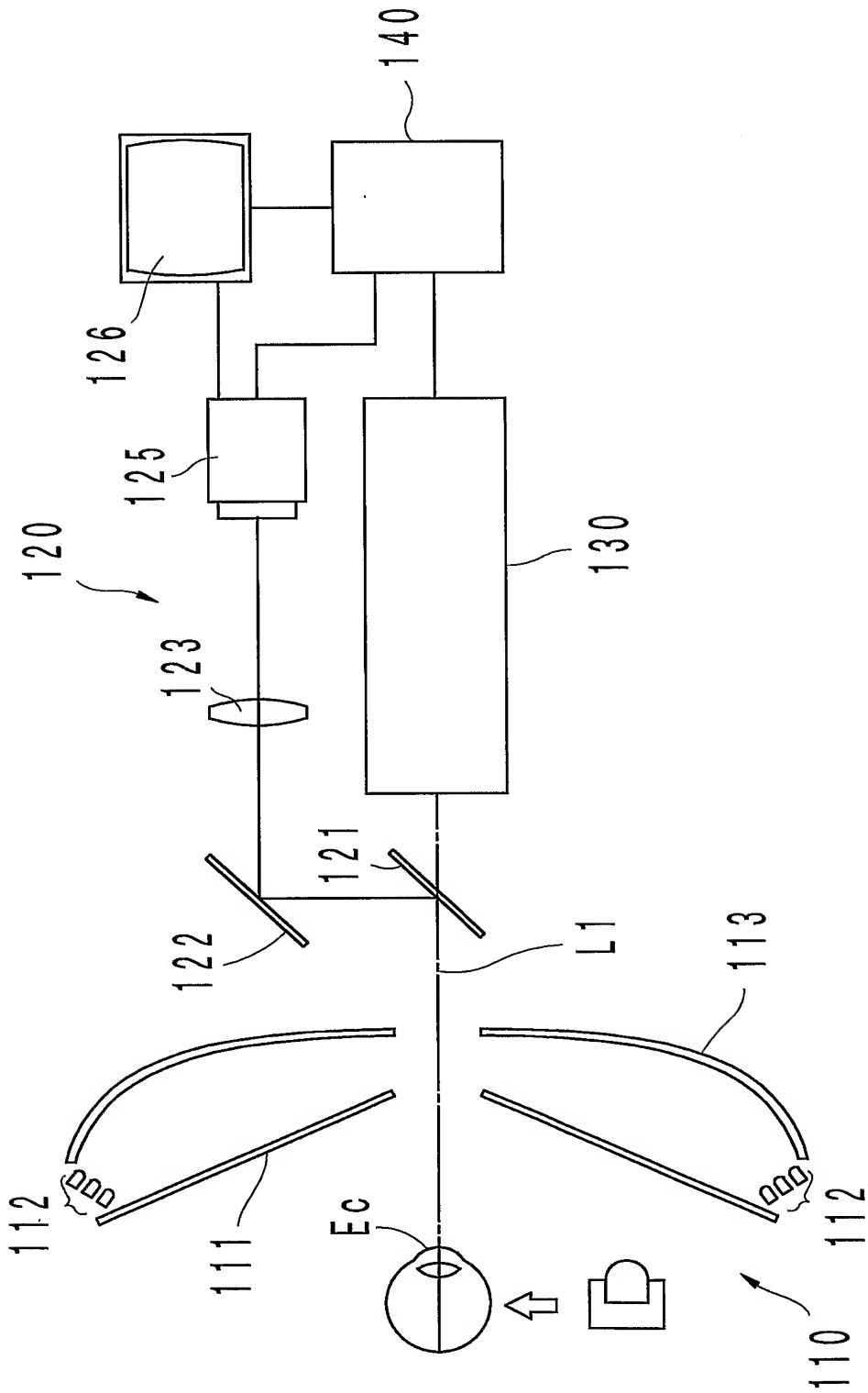


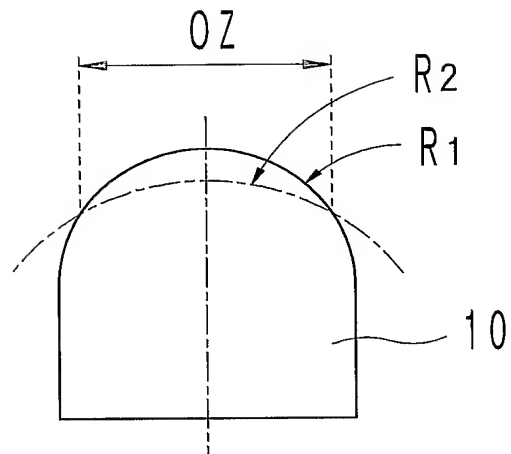
図 4



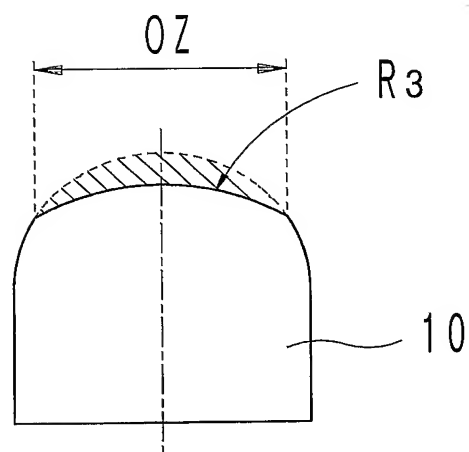
5/6

図 5

(a)

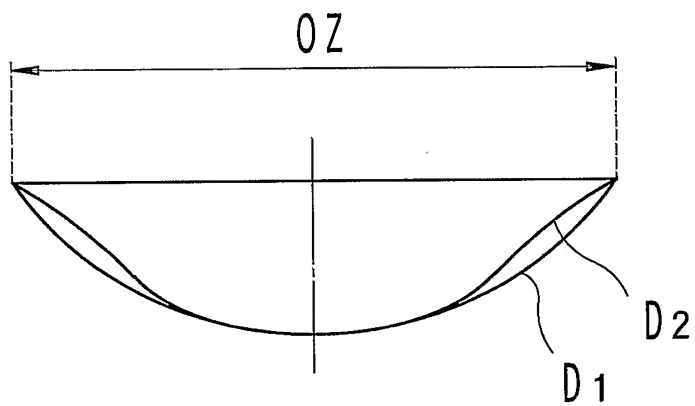


(b)



6/6

図 6



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/04344

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> A61F9/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> A61F9/00, H01S3/00-H01D4/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5624436 A (Nidek Co., Ltd.), 29 April, 1997 (29.04.97), Full text; Figs. 1 to 5 & JP 6-226471 A	7-9
Y	JP 2002-65719 A (Nidek Co., Ltd.), 05 March, 2002 (05.03.02), Par. Nos. [0027] to [0032]; Figs. 1 to 7 (Family: none)	7-9
A	EP 947158 A1 (Nidek Co., Ltd.), 06 October, 1999 (06.10.99), Full text; Fig. 1 & JP 11-342152 A	7-9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>
--	---

Date of the actual completion of the international search  
30 July, 2002 (30.07.02)

Date of mailing of the international search report  
20 August, 2002 (20.08.02)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/04344

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6129722 A (Luis Antonio Ruiz), 10 October, 2000 (10.10.00), Full text; Figs. 1 to 48 & JP 2000-300596 A	7-9

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/04344

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☒ Claims Nos.: 1-6  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:  
Claims 1-6 corresponds to a method of treating the human body by surgery or therapy and relates to a subject matter that does not require a search by the International Searching Authority in accordance with PCT Article 17 (2) (a) (i) and PCT Rule 39. 1 (iv).
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest** ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> A61F9/00

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> A61F9/00, H01S3/00-H01S4/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2002年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2002年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	US 5624436 A (Nidek Co., Ltd.) 1997.04.29 全文, 第1-5図 & JP 6-226471 A	7-9
Y	JP 2002-65719 A (株式会社ニデック) 2002.03.05 段落番号【0027】-【0032】, 第1-7図 (ファミリーなし)	7-9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

30.07.02

国際調査報告の発送日

20.08.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

中田 誠二郎

(印)

3E

3112

電話番号 03-3581-1101 内線 3346

様式PCT/ISA/210 (第2ページの続き) (1998年7月)

## 第Ⅰ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☒ 請求の範囲 1-6 は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、  
請求の範囲1-6は、手術又は治療による人体の処置方法に該当し、PCT17条(2)(a)(i)及びPCT規則39.1(iv)の規定により、この国際調査機関が調査することを要しない対象に係るものである。
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第Ⅱ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。